Suporte aplicacional para a operação uniforme, unificada e pragmática de túneis rodoviários

Tiago Delgado Dias[1]

[1] Brisa Inovação e Tecnologia; Departamento de Desenvolvimento Tecnológico; Gestor de Projecto; 214233447; tiago.delgado.dias@brisa.pt; www.brisainnovation.com

---

Sumário

Os sistemas de supervisão e aquisição de dados (SSAD) usados na supervisão de túneis são normalmente implementados em aplicações específicas para cada túnel oferecendo representações nem sempre uniformes. Estas aplicações fornecem alertas aos operadores e carecem de uma atenção permanente.

O ATLAS adoptou uma abordagem distinta dos SSAD ao integrar a gestão de túneis numa plataforma Web de operação de auto-estradas. A representação de infra-estrutura, equipamentos, alarmes e controlo do túnel é uniforme independentemente do túnel. Existe unificação entre as funcionalidades transversais da plataforma (ex. visualização de CCTVs) e, através de um mecanismo de alertas transaccionais, evita a necessidade de atenção permanente em cada túnel.

Palavras-chave: *túneis rodoviários, automação, sistemas de supervisão e aquisição de dados, usabilidade na operação, gestão de tráfego.*

1 INTRODUÇÃO

Em 2010 a Brisa operava 3 túneis viários nas auto-estradas A9 (túneis de Carenque e Montemor) e A10 (túnel do Mato Forte). Embora estes túneis sejam remotamente operados desde 2004 esta operação é feita numa aplicação SSAD específica instalada num PC do centro de controlo da Brisa Operação e Manutenção e não a partir da plataforma Web de operação que suporta este centro de controlo, o ATLAS.

O centro de controlo da Brisa Operação e Manutenção funciona com um modelo de postos de operação genéricos, capazes de operar qualquer segmento da rede. A distribuição dos segmentos da rede operada aos postos (e respectivos operadores) é feita de forma dinâmica, garantido a todo o momento a cobertura total da rede, através da plataforma ATLAS. Esta dinâmica não é compatível com a necessidade de utilizar aplicações instaladas em PCs específicos, obrigando a que a operação dos túneis estivesse atribuída a um posto específico da sala durante 6 anos.

Finalmente, estava ainda prevista para o ano de 2011 a abertura de 3 outros túneis (A41 túnel do Covelo, A32 túnel do Seixo Alvo e A8 Túnel do Telheiro) nas concessões Auto-estradas do Douro Litoral (AEDL) e Auto-estradas do Litoral Oeste (AELO) que deveriam ser operados pela Brisa Operação e Manutenção na plataforma ATLAS. Evitar-se-ia assim a necessidade de desenvolver sistemas SSAD com custos adicionais (de instalação e manutenção) e com as limitações já identificadas.

O objectivo da integração de túneis no ATLAS foi ultrapassar as limitações inerentes às soluções SSAD criando uma componente de gestão de túneis na plataforma ATLAS. Esta componente teria que garantir a independência dos fabricantes dos equipamentos de automação utilizados nos túneis. Teria também que oferecer uma visão orientada para a operação do túnel dando prioridade à simplicidade, eficácia e usabilidade da interface de utilização. Através da interacção com componentes existentes na plataforma ATLAS deveria oferecer funcionalidades de controlo de acessos, registo de acções efectuadas sobre os equipamentos do túnel e ainda de gestão de pedidos de manutenção sobre os equipamentos do túnel. Finalmente deveria permitir a configuração de novos túneis sem necessidade de desenvolver uma nova solução.

2 ESTADO DA ARTE

A construção de túneis viários implica a instalação de sistemas segurança, desde a iluminação variável, passando pela ventilação, detecção de incêndios e/ou poluição até mesmo ao incontornável sistema de alimentação eléctrica do túnel. Em Portugal a obrigação legal varia conforme a extensão do túnel e é regida pelo Decreto-Lei n.o 75/2006.

Actualmente os sistemas da maior parte dos túneis viários são controlados através de um sistema de automação implementado através de unidades de programação lógica (UPLs). As UPLs garantem, através de programação autónoma, o comportamento automático como por exemplo a variação da iluminação de acordo com as medidas de sensores de luz instalados no exterior do túnel ou a actuação da ventilação após detecção de acumulação de gases no interior do túnel. As UPLs são assim um elemento chave na garantia da segurança nos túneis viários visto que, através de algoritmos autónomos de controlo automático, implementam cadeias de detecção-controlo-actuação capazes de eliminar a maioria dos riscos passíveis de detecção e de resposta através dos sistemas de segurança instalados.

As UPLs são também utilizadas para permitir a monitorização e operação remota destes sistemas. Fazem-no através da oferta de variáveis de leitura (estados e valores) e escrita (comandos e parâmetros) usualmente disponibilizadas através de um protocolo de comunicações e que actualmente é normalmente acessível através de uma rede TCP/IP. Em 1979 foi publicado o protocolo Modbus que entretanto se tornou numa norma de facto para este protocolo. Apesar de continuarem a existir soluções específicas de fabricantes, a grande parte dos fabricantes oferece compatibilidade com o protocolo Modbus (normalmente de forma opcional e com alguns custos).

A operação dos sistemas de túneis é normalmente feita em aplicações SSAD desenvolvidas especificamente para um dado túnel. Apesar de serem ainda mais frequentes as aplicações instaláveis num sistema operativo (ex. aplicações Windows) existem também soluções SSAD construídas para a Web embora com funcionalidades reduzidas face às aplicações SSAD clássicas. A programação das aplicações SSAD é normalmente orientada ao equipamento integrado e a solução não é reutilizável sem alteração desta programação. Esta limitação é atenuada quando se utilizam soluções de desenvolvimento SSAD de alto nível (ex. ambientes *rapid application development* – RAD) que depois suportam a aplicação desenvolvida em tempo de execução. Algumas plataformas SSAD oferecem mesmo independência do fabricante permitindo a recolha e envio de variáveis de/para UPLs com diferentes protocolos de comunicação.

No dia-a-dia da operação de um túnel a quase totalidade de operações efectuadas deve ser da responsabilidade da programação local nas UPLs, i.e. os túneis devem ser essencialmente autónomos. No entanto as aplicações SSAD são cruciais para permitir o adequado acompanhamento do desempenho das funções automáticas e validação se existem condições para este desempenho (por ex. identificar sensores em avaria). São igualmente essenciais para na gestão de situações permitirem aos operadores humanos implementar procedimentos específicos que possam diferir dos automáticos ou procedimentos que envolvam passos de decisão humana. Exemplos de situações em que a gestão não deve ser local são situações em que os dados dos sensores podem não ser 100% fiáveis como acontece nos sistemas de detecção automática de incidentes (DAI) ou situações em que os planos de resposta podem diferir de formas que não possam ser identificadas pelos sensores (ex., as respostas distintas da ventilação face a situações de incêndio distintas). Os SSAD são assim componentes críticos na operação de túneis.

A principal limitação da maioria das soluções SSAD está inerente a interfaces difíceis de interpretar, orientadas para a visão de engenharia/manutenção e não para a operação dos equipamentos, especificamente túneis, por operadores que não são especialistas nos sistemas instalados.

3 O ATLAS

O ATLAS é uma solução de gestão de tráfego para utilização por concessionárias viárias, independentemente da dimensão da infra-estrutura operada. Toda a solução é suportada sobre tecnologia Web e oferece uma gestão integrada de tráfego, telemática rodoviária, incidentes viários, meios de assistência, danos e planos de trabalho [1].

O ATLAS é um produto que:

- Conta com 8 anos de desenvolvimento contínuo.
- Suporta o ciclo de vida completo da gestão de tráfego: desde os equipamentos de via, passando pela operação do centro de controlo, pela informação ao cliente, pela operação de back-office, em todo o percurso até à gestão de topo que é suportada por uma plataforma de business intelligence.
- É utilizado na operação de redes vastas, num total superior a 1700 km de rede, maioritariamente de primeiro nível (auto-estradas).
- É utilizado em cenários de serviços de operação multi-concessão (Brisa Operação e Manutenção) e em concessionárias individuais (Auto-estradas do Atlântico).
- Oferece suporte nativo e independente dos fabricantes para a gestão de câmaras de vídeo, painéis de mensagens variáveis, estações meteorológicas, contadores e classificadores de veículos e sinais de controlo de velocidade e disponibilidade de vias.

4 INTEGRAÇÃO NO ATLAS

As UPLs oferecem uma abstracção de baixo nível (escrita e leitura de variáveis) sem definição do valor semântico das mesmas. As aplicações SSAD só dotam estas soluções de semântica ao associar as variáveis a elementos gráficos manipulados pelo utilizador.

Uma abordagem alternativa seria a criação de uma camada de valor semântico em que as variáveis seriam traduzidas em estruturas específicas dos sistemas envolvidos, onde, por exemplo, as variáveis de estado de semáforos seriam codificadas de forma diferente de variáveis de estado de ventiladores.

As soluções de gestão de tráfego oferecem usualmente uma solução semântica para a gestão dos diferentes objectos geridos. Como a complexidade de integrar os equipamentos dos diferentes sistemas dos túneis com esta abordagem é grande, o mais frequente é a gestão de túneis ser efectuada num sistema SSAD separado reutilizando as plataformas de desenvolvimento SSAD em vez de integrar a componente SSAD na plataforma de operação.

O ATLAS tem uma abordagem semântica para os equipamentos integrados excepto em algumas áreas de domínio geral como a recolha de alarmes[1]. No caso da integração dos túneis foi necessário pesar as vantagens e desvantagens das duas abordagens.

Se é um facto que quando se integram equipamentos como painéis de mensagens variáveis ou estações meteorológicas existe um domínio de negócio específico (ex. mensagens e meteorologia), no caso dos sistemas dos túneis o domínio do negócio é muito vasto, abarcando sistemas como energia/alimentação, iluminação, ventilação, detecção de incêndios ou poluição, cada um com equipamentos e funcionamentos distintos entre diferentes túneis.

A opção tomada acabou por ser motivada por um potencial de reutilização dado que uma abordagem não semântica teria um potencial de reutilização noutros domínios de automação mesmo na área da gestão de tráfego, por exemplo o controlo de estações de tratamento de águas instaladas ao longo da rede ou de sistemas de energia de edifícios (centros de operação, portagens).

Optou-se assim pelo desenvolvimento de uma solução Web de supervisão de automação genérica em que a interface e a configuração têm que oferecer o valor semântico, tornando o problema essencialmente numa questão de configuração e desenho de interface.

As soluções SSAD optam normalmente por aplicações de sistema operativo devido à necessidade de actualização permanente da interface do utilizador com o estado dos sistemas. As soluções Web oferecem normalmente uma visão fixa no tempo e permitem actualizar esta visão a pedido. Esta é uma limitação grave que teve que ser tida em conta também na implementação no ATLAS no sentido de garantir a actualização da

---

[1] No ATLAS os alarmes não são diretamente dotados de semântica, podem contudo ser parametrizados tratamentos distintos para cada tipo de alarme.

informação visualizada, com especial enfase para o momento seguinte ao envio de um comando com a necessidade de acompanhamento das alterações de estado subsequentes.

A questão de actualização dos dados na interface Web é puramente tecnológica e foi tida em conta através de uma actualização periódica frequente e nos momentos chave (por exemplo após o envio de um comando) através de pedidos Ajax.

A interface de operação de túneis no ATLAS foi desenhada para que cada equipamento ou subsistema tivesse a sua representação num sinóptico. A imagem apresentada para cada equipamento é localizada numa via, berma ou no exterior do túnel e representa o estado funcional do equipamento (ex. ventilador desligado, iluminação exterior ligada). Em diferentes túneis as imagens e nomenclatura para os mesmos estados são sempre as mesmas.

Figura 1. Exemplo do sinóptico do túnel do Covelo no ATLAS

A informação não funcional é apresentada numa interface de detalhe de cada equipamento onde se visualizam todas variáveis associadas e é possível comandar o equipamento (ex. ligar ventilador, desligar iluminação exterior). O comando é feito da mesma forma para todos os equipamentos, apresentam-se as imagens de representação para cada estado associado, o utilizador escolhe e confirma o comando. A alteração do estado é feita carregando sobre a imagem do estado correspondente ao pretendido na secção onde são desenhados os estados e é indicado o estado atual do equipamento.

Figura 2. Exemplo da interface de operação uniforme para elementos do túnel

Para que a informação não funcional seja útil, logo no sinóptico do túnel, qualquer situação anómala é destacada com o piscar de uma cor de fundo sobre a representação do estado. A cor e frequência do piscar são definidas pela gravidade das situações anómalas do equipamento. Desta forma o destaque de situações que necessitem de atenção é uniforme em toda a interface, transmite a gravidade da situação e permite a consulta das variáveis específicas abrindo a interface de detalhe. Desta forma num túnel em operação normal não existem quaisquer situações destacadas. Este mecanismo simples permitiu simplificar extremamente a availiação do estado de um túnel só pela visualização do sinóptico do mesmo e por utilizadores sem qualquer tipo de formação.

Figura 3. Segmento de um túnel com situações em destaque para o PT1 e Edifício do PT1.
Pode-se verificar que a situação do edifício é mais grave pela cor mais escura.

Esta abordagem é uniforme nestes diversos aspectos, sendo assim diferenciada das aplicações SSAD. Consegue oferecer facilidade na utilização e uma curva de aprendizagem zero em qualquer túnel. Isto é possível através da uniformização da representação de infra-estrutura, equipamentos, alarmes e controlo do túnel. Utilizou-se uma representação sinóptica em que a forma de representação é a mesma independentemente do túnel, i.e. todos os túneis partilham:

- a representação da infra-estrutura, variando apenas o comprimento do túnel e as vias;
- a representação dos diferentes tipos de equipamentos e a forma de representação dos seus estados, variando apenas os tipos de equipamentos presentes em cada túnel e a sua localização dentro do túnel;
- a representação dos alarmes, que foca a atenção do utilizador nas situações activas mais graves logo na visão geral do túnel.

- o controlo é sempre efectuado através de uma janela que apresenta os detalhes de cada equipamento (estado e alarmes) e onde é possível alterar o modo de operação (manual/automático) e o estado do equipamento em simultâneo.

No caso dos alarmes esta uniformização passa pelo detrimento de uma listagem global de alarmes activos e mecanismos de reconhecimento dos alarmes em prol de uma solução de destaque dos equipamentos com alarmes. No ATLAS, um equipamento com alarmes é apresentado com uma cor de fundo. Esta cor de fundo é definida de acordo com a gravidade do alarme, indo de um tom amarelo para situações menos graves até um tom vermelho vivo para situações mais graves ou um conjunto razoável de situações menos graves. Para que seja ainda mais óbvia para o utilizador esta cor de fundo pisca com uma frequência igualmente proporcional à gravidade dos alarmes do equipamento. Desta forma através de uma inspecção visual quase instantânea é possível ter uma noção clara do estado operacional e de manutenção dos túneis. Através da consulta do detalhe de cada equipamento é possível esclarecer exactamente quais são as situações de alarme específicas.

Esta abordagem é comum para alarmes operacionais (ex. detecção de incêndio) e alarmes de manutenção (ex. avaria de sensor). Para ambos os casos existe ainda um mecanismo de alertas transaccionais que permite notificar os operadores (ou qualquer outra entidade responsável) pelas situações mais graves, evitando assim a necessidade de monitorização permanente dos túneis. Este mecanismo de alertas transaccionais é descrito mais adiante neste artigo.

É através da unificação de todos os equipamentos na mesma plataforma (ex. automação, CCTV, SOS, contadores de tráfego, painéis de mensagens) e do uso de funcionalidades transversais da plataforma que o ATLAS dota a operação de uma capacidade de avaliação completa e integrada. Os SSAD também integram por vezes equipamentos destes sistemas, no entanto não têm componentes de operação e gestão completas porque são aplicações orientadas para a operação do túnel e não dos domínios destes equipamentos. No ATLAS é, por exemplo, possível efectuar um pedido de manutenção face a problemas identificados no túnel ou visualizar câmaras de vídeo (CCTV), bem como controlar, gravar, pesquisar no histórico dos últimos dias, colocar as mesmas numa videowall ou vê-las em sequência. Este nível de integração atinge-se graças à reutilização e integração de componentes especializados em cada domínio.

Figura 4. Segmento de um túnel com uma CCTV disponível para acesso direto.
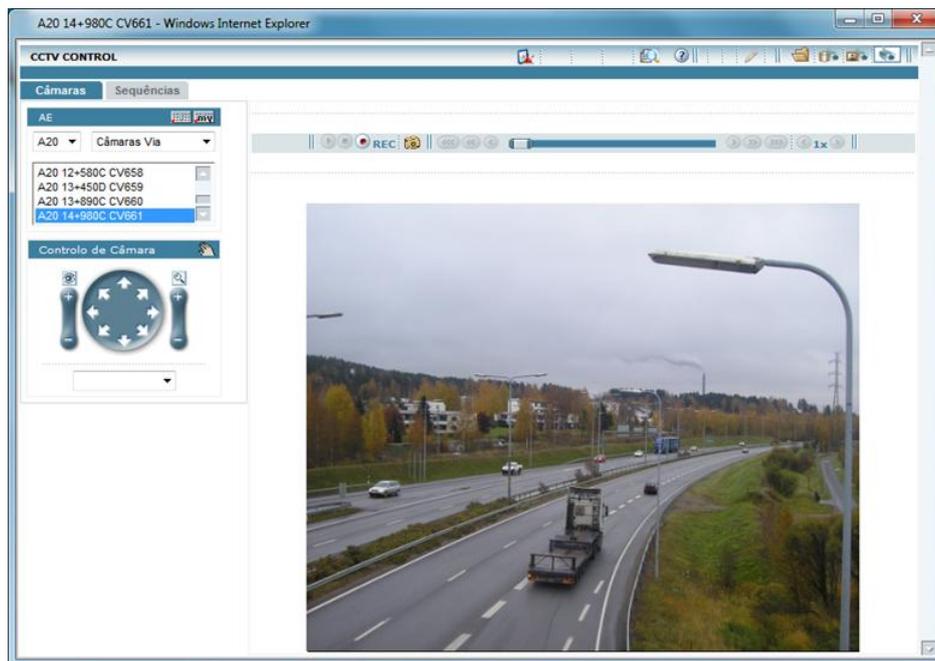
Figura 5. Exemplo da interface de operação de CCTV obtida ao carregar na CCTV no sinóptico do túnel.

Figura 6. Uma CCTV no sinóptico do ATLAS. A representação é a mesma do túnel.

Mesmo com uma interface uniforme e unificada, a gestão de túneis estaria sempre limitada à necessidade constante de monitorização humana. As soluções SSAD implementam normalmente uma secção de alarmes activos onde é possível ver os alarmes e reconhecer os alarmes que estejam já a ser tratados. Esta abordagem depende ainda assim da atenção do operador a esta secção de alarmes activos e de uma correta classificação do operador que não deverá reconhecer alarmes que não esteja de facto a tratar.

O ATLAS aborda este problema também de uma forma diferente. Todos os estados, eventos e alarmes do túnel são codificados da mesma forma no ATLAS. Estados, eventos e alarmes de outros tipos de equipamentos (CCTVs, PMVs, etc.) são codificados desta mesma forma também. O ATLAS inclui um mecanismo de tratamento de alarmes/eventos configurável por tipo de alarme/evento que permite criar uma sugestão de incidência para o mesmo.

As sugestões de incidência são um mecanismo de notificação aos operadores dos centros de controlo já descrito em [2]. Permitem gerar uma janela de popup em tempo real na interface de operação dos operadores. Essa janela irá sugrir ao operador encarregue pela zona onde está localizado o alarme e irá conter informação do tipo de alarme/evento, do equipamento em questão e da localização do mesmo. No caso dos túneis a sugestão de

incidência representa uma versão mais pequena do sinóptico do túnel e apresenta a CCTV mais próxima da localização do equipamento que gera o alarme.
Desta forma reutiliza-se a interface de operação do túnel já conhecido do utilizador e onde estarão destacados os alarmes através das cores de fundo. Através da CCTV oferece-se de imediato a visualização do local do alarme.

Figura 7. Exemplo de uma sugestão de incidência para um túnel.

Todas as sugestões de incidência têm que ser tratadas. O popup só é fechado quando o operador cria uma incidênica, associa a sugestão a uma incidência existente, cria um pedido de manutenção ou classifica a situação como um falso positivo (justificando a razão da classificação). Este processo é transacional, isto é, se o operador não chegar a gravar a incidência criada por exemplo o popup não se fecha. Desta forma é absolutamente garantido o fluxo de tratamento de todas as situações relevantes no túnel salvo as situações de falso positivo que deverão ser raras. Este mecanismo faz sentido para todas as situações que requerem uma validação da resposta automática ou uma resposta manual. Com este processo acelera-se também o tratamento da situação através da criação da incidência e respetivo apoio automático ao plano de resposta. Por configuração em cada tipo de alarme é possível definir quais das 4 opções de resposta (criação de incidência, associação de incidência, pedido de manutenção ou falso positivo) estão disponíveis.

É ainda possível a separação das sugestões entre diferentes tipos de operadores, por exemplo a notificação de alarmes operacionais a operadores responsáveis pela gestão de tráfego e a notificação de alarmes de manutenção a operadores responsáveis pela manutenção dos equipamentos. Ao ser possível ter diferentes perfis de utilização e segmentar a notificação de situações entre os diferentes perfis, este é mais um exemplo da vantagem de uma solução unificada com resposta para a operação e manutenção das infra-estruturas, equipamentos e sistemas.

Através destes alertas transaccionais, na forma das sugestões de incidências aos operadores, esta abordagem atinge o pragmatismo na resposta a situações e introduz um conceito de fluxo de tratamento. Garante-se que todas as situações relevantes de alarme (as mais graves) têm um tratamento, sejam elas situações operacionais ou de manutenção. Desta forma mitiga-se o risco de alarmes esquecidos/descartados nos SSAD e elimina-se a necessidade de monitorizar permanentemente a representação dos alarmes activos do túnel.

Finlamente, com esta integração, foi ainda possível obter independência do fabricante de equipamentos de automação (UPLs) através da utilização de uma interface programática abstracta para leitura e afectação de variáveis em memória endereçável acessível através de uma ligação remota e de uma implementação particular para o protocolo Modbus. De futuro poderão ser feitas outras implementações para diferentes protocolos mas até ao momento não foi necessário.

5 RESULTADOS

Os resultados da integração de túneis no ATLAS foram imediatamente aplicados na instalação do ATLAS da Brisa Operação e Manutenção, permitindo a operação integrada dos túneis de Carenque, Montemor e Mato Forte.

Tendo em conta os objectivos iniciais, ao suportar a gestão de túneis no ATLAS, foi possível passar a operar os 3 túneis da rede Brisa a partir de qualquer posto de operação ou até mesmo de qualquer outra localização com acesso de rede à plataforma de operação e dadas credenciais com acesso devido.

Em 2011 foi feita a integração com os 3 túneis das novas concessões AEDL (Covelo e Seixo Alvo) e AELO (Telheiro) apenas através da configuração dos equipamentos e variáveis envolvidos, sem necessidade de alteração da solução. Ainda em 2011 a Brisa Inovação instalou a plataforma ATLAS para toda a concessão das Auto-estradas do Atlântico, tendo sido integrados os 2 túneis desta concessão (Tornada e Cela Velha) usando exactamente a mesma abordagem e simplicidade de configuração. Já em 2012 foi renovada a rede de telemática de parte da concessão AEDL, tendo sido integrados os túneis da Av. da República e Soares dos Reis. Totalizando assim 10 túneis viários operados a partir da plataforma ATLAS.

O tempo de configuração de um túnel de dimensão média no ATLAS é inferior a 2 dias de parametrização e testes.

6 CONCLUSÕES

Foi possível implementar uma solução de supervisão integrada numa plataforma de gestão de tráfego com um conjunto de vantagens inerentes a esta integração. Ao aplicar um modelo não semântico conseguiu-se uma solução reutilizável e pouco complexa. Com a criação de padrões estritos para a interface de utilização foi possível criar uma solução optimizada para a operação de infra-estruturas facilitando a compreensão do estado de equipamentos, problemas e respectiva urgência. Com a unificação na plataforma foi possível dotar a gestão de túneis de ferramentas como a integração completa com CCTVs, a gestão de pedidos de manutenção e até mesmo a sugestão automática de incidências. A sugestão de incidências veio resolver a necessidade de pragmatismo ao deixar de ser necessário que o operador esteja a monitorizar os túneis ou uma lista de alarmes manualmente.

7 AGRADECIMENTOS

À equipa de desenvolvimento da plataforma ATLAS.

8 REFERÊNCIAS

[1] T. Dias et al., *Communications in Brisa's Centre for Operations Coordination*, ITS Europe 2005, 2005.

[2] R. Dias, T. Dias, *Increasing service levels through traffic monitoring*, Easyway 2011 - "Best Practices in Floating Vehicle/Phone Data Collection and Other Monitoring Deployment", 2011.